

**ANALISIS PENGARUH UREA TERHADAP KESTABILAN KOMPLEKS  
HUMAT-BESI PADA LAPISAN TANAH**

Diana Rakhmawaty, Santhy Wyantuti dan Dikdik Kurnia  
Fakultas MIPA Universitas Padjadjaran  
Jatinangor, Bandung 40600

**ABSTRAK**

Substansi organik dalam tanah dapat menyebabkan terbentuknya kompleks dengan ion logam. Asam humat yang merupakan salah satu substansi tanah berperan dalam transportasi ion-ion tersebut, sehingga dapat membentuk kompleks ion logam melalui reaksi pembentukan kompleks. Penelitian ini bertujuan menentukan konstanta stabilitas kompleks humat-besi dan pengaruhnya dengan penambahan urea pada variasi konsentrasi terhadap kestabilan kompleks tersebut. Asam humat yang diperoleh dengan cara ekstraksi dari tanah, mempunyai bobot molekul (BM) 17,987, spektrum inframerah menunjukkan gugus karboksil, fenolik, dan karbonil. Dan spektrum ultraviolet-visibel memberi rasio warna ( $E_4/E_6$ ) sebesar 5,47. Konstanta stabilitas humat-besi sebesar 0,046. Penambahan urea akan mempengaruhi harga konstanta stabilitas kompleksnya. Penambahan urea yang akan memperbesar nilai konstanta stabilitas tersebut, mempunyai nilai minimum sebesar 0,04 N.

**Kata Kunci:** Urea, Asam humat, Kompleks humat-besi

**EFFECT OF UREUM ADDITION TO HUMIC – IRON  
COMPLEXES STABILITY ON SOIL LAYERS**

**ABSTRACT**

The organic substance in soil could form complexes in the presence of metal ion. Humic acid as one of the substance acts as those of ions transportation, that could form metal ion complexes. The objective of the research was to determine the constant of humic-iron complexes stability and its stability effect when ureum was added.. Humic acid which is extracted from soil, has the molecular weight of 17.987. The infrared spectra showed that the absorption on the carboxyl, phenolic, and carbonyl region. The ultraviolet-visible spectra gave the color ratio of 5,47. The value of complex stability constant was 0,046. The ureum addition which would affect the value of its complex stability constant, has the minimum value of 0,04 N.

**Keywords:** Ureum, humic acid, humic iron complexes

## PENDAHULUAN

Indonesia memiliki kondisi iklim tropik yang sangat baik dan diperlukan untuk pertumbuhan berbagai macam spesies tanaman yang ada di berbagai wilayah. Dengan kondisi alam yang memiliki daya dukung tinggi terhadap pertumbuhan tanaman, hal tersebut merupakan suatu modal dasar yang sangat besar untuk dapat dimanfaatkan bagi kepentingan umat manusia.

Salah satu komponen penting dalam pertumbuhan tanaman adalah media untuk pertumbuhannya, yaitu tanah. Tanah bagi suatu tanaman merupakan suatu tempat kandungan senyawa-senyawa kimia yang diperlukan untuk proses pertumbuhannya. Tanah mengandung berbagai senyawa kimia sebagai hasil berbagai rangkaian reaksi kimia di alam yang sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor disekelilingnya, dimana faktor-faktor tersebut akan sangat mempengaruhi kualitas kandungan senyawa di dalam tanah tersebut, yang pada akhirnya akan menentukan kualitas tanaman yang tumbuh di atasnya.

Senyawa yang mempunyai peranan penting dalam tanah bagi pertumbuhan suatu tanaman adalah asam humat. Asam Humat merupakan suatu substansi organik tanah dengan warna coklat tua sampai kehitaman yang larut dalam basa tapi tidak larut dalam asam mineral dan dalam alkohol. Asam humat juga merupakan kelompok senyawa polimer dalam bahan organik tanah yang cukup tahan terhadap serangan mikroorganisme dan berpengaruh terhadap stabilitas dan tingkat kesuburan tanah.

Disamping itu asam humat berperan dalam transformasi ion-ion logam karena dapat membentuk kompleks dengan ion logam dalam tanah melalui reaksi kompleks. Pada penelitian ini ingin melihat kemungkinan kehadiran kompleks logam  $\text{Fe}^{2+}$  dengan asam humat, karena unsur ini sangat dibutuhkan oleh mikroorganisme. Yaitu dengan melihat besarnya konstanta stabilitas kompleks humat-besi dan bagaimana pengaruh urea terhadap konstanta stabilitas kompleks tersebut.

Melihat dari fungsi asam humat dalam tanah, serta peranannya dalam pembentukan kompleks dengan logam, maka masalah pada penelitian ini dibatasi pada penentuan konstanta stabilitas kompleks humat-besi dan pengaruh penambahan urea terhadap konstanta tersebut, dengan terlebih dahulu ditentukan sifat fisik asam humat, yaitu bobot molekul, kapasitas tukar kation, spektrum ultraviolet-visibel, dan spektrum inframerah.

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh penambahan urea pada tanah terhadap kestabilan kompleks humat-besi pada berbagai lapisan tanah, sehingga dapat diketahui nilai ambang batas penggunaan urea pada tanah yang tidak akan mengakibatkan terganggunya kondisi pembentukan kompleks humat-besi yang sangat berperan dalam menjaga kesuburan tanah.

Dengan diketahuinya nilai batas penggunaan urea, diharapkan tingkat efisiensi pemakaian pupuk dapat dicapai. Hal ini akan mengakibatkan daya dukung tanah terhadap suatu tanaman akan bertahan lama, sehingga pada akhirnya dapat meningkatkan nilai produktivitas tumbuhan yang sebesar-

besarnya. Selain itu manfaat lain yang diharapkan dengan penggunaan urea yang tidak berlebihan, masalah lingkungan akibat penggunaan urea tersebut akan dapat segera teratasi, sehingga kondisi lingkungan akan terjaga dengan lebih baik.

Bahan organik tanah sering dipisahkan menjadi bahan terhumifikasi dan tak terhumifikasi. Bahan-bahan tak terhumifikasi adalah senyawa-senyawa dalam tanaman dan organisme lain dengan ciri khas tertentu, misalnya karbohidrat, asam amino, protein, lipid, asam nukleat dan lignin. Senyawa-senyawa ini biasanya terkena reaksi-reaksi degradasi dan dekomposisi. Namun kadangkala mereka dapat diserap oleh komponen anorganik tanah, seperti lempung, atau berada dalam kondisi anaerobik.

Didalam kondisi semacam ini, senyawa tersebut lebih terlindung dari dekomposisi. Fraksi terhumifikasi dikenal sebagai humus, atau sekarang disebut sebagai senyawa humat, dan dianggap sebagai hasil akhir dekomposisi bahan tanaman di dalam tanah. Istilah asam humat berasal dari Berzellius pada tahun 1830, yang menggolongkan fraksi humat tanah kedalam : 1. asam humat, yakni fraksi yang larut dalam basa, 2. asam krenik dan apokrenik, yakni fraksi yang larut dalam air, dan 3. humin, yakni bagian yang tidak dapat larut dan lembam (inert). Asam humat juga disebut asam ulmat, sedangkan humin disebut ulmin, oleh Mulder pada tahun 1840, Thaun 1912, Olden mengusulkan penggunaan nama asam fulvat menggantikan asam krenik dan epokrenik.

Kini senyawa-senyawa humat didefinisikan sebagai bahan koloidal terpolidisersi yang bersifat amorf, berwarna kuning hingga coklat-kehitaman dan mempunyai berat molekul relatif tinggi. Beberapa penulis yakin bahwa senyawa-senyawa ini sangat heterogen dalam hal berat molekulnya, meskipun secara kimia komposisi mereka homogen (Felbeck, 1981). Berdasarkan kelarutannya dalam asam dan basa, senyawa humat dapat dipisahkan kedalam beberapa fraksi humat (Finkle et al, 1985), hal tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Fraksi – fraksi Senyawa humat

Fraksi	Basa	Asam	Alkohol
Asam Fulvat	Larut	Larut	-
Asam Humat	Larut	Tidak larut	Tidak larut
Asam Hematomelat	Larut	Tidak larut	Larut
Humin	Tidak larut	Tidak larut	Tidak larut

Asam humat yang merupakan fraksi tanah berupa polimer coklat sampai dengan hitam sangat tahan terhadap serangan mikroorganisme dalam selang waktu yang cukup lama.

Asam humat yang berasal dari tanah pada dasarnya dapat dipisahkan dengan cara ekstraksi oleh basa. Namun ada kalanya mengalami kesulitan, diantaranya karena bahan humus dalam tanah merupakan campuran bermacam senyawa yang hampir sama sifatnya. Juga bahan humus tersebut dalam tanah terikat oleh kation bervalensi dua atau tiga, dan terikat kuat oleh mineral liat .

Sebelum diekstraksi dengan basa, terlebih dahulu dilakukan pencucian dengan asam, hal ini dilakukan agar ikatan bahan humus dengan asam silikat bebas, mineral liat karbonat, atau basa-basa lainnya hancur dan lepas, juga untuk melarutkan kotoran-kotoran yang larut dalam asam. Fraksi humus diekstraksi dari bahan organik tanah dalam bentuk garam dengan kation seperti natrium, kalium dan ammonium. Pengasaman asam klorida hingga pH 2 atau lebih rendah untuk memisahkan asam humat dari asam fulvat. Asam fulvat akan terlarut oleh asam. Untuk memperoleh asam humat murni yang benar-benar terpisah dari asam fulvat, dilakukan pengendapan berulang dengan asam klorida sampai larutan induk tidak berwarna (pH 2). Fraksi yang tidak larut dipisahkan berdasarkan kelarutannya dalam alkohol, untuk memisahkan asam humat dan hematomelat. Hematomelat akan larut dalam alkohol.

Ternyata pemisahan asam humat seperti di atas terkadang sulit untuk mendapatkan hasil yang murni. Hal tersebut dapat disebabkan adanya pengotor zat organik maupun anorganik pada saat asam humat masih dalam bentuk persenyawaan dengan unsur lain di alam bebas, sehingga kadang-kadang pengotor tersebut merupakan bagian dari asam humat yang terikat melalui ikatan kovalen (Stevenson, 1992).

Asam humat dikatakan suatu koloid, oleh sebab itu harus dilakukan dialisis untuk memisahkan dengan garam anorganik, molekul lain serta ion-ion lain yang terdapat dalam larutan sejati. Dialisis dilakukan dalam suatu membran yang semipermeabel, yang dapat ditembus oleh garam-garam (molekul kecil) tetapi tidak dapat ditembus oleh molekul besar. Membran tersebut ditempatkan dalam suatu wadah berisi pelarut murni seperti air. Membran yang digunakan biasanya berupa selofan. Pada prinsipnya dialisis didasarkan pada perbedaan potensial kimia dari zat terlarut pada kedua sisi membran.

## **METODE PENELITIAN**

Pertama pemisahan asam humat yang diisolasi dari tanah asal Cisarua Lembang, dengan diekstraksi oleh basa. Kemudian dilakukan pemurnian sampai diperoleh asam humat berwarna coklat-kehitaman.

Tahap selanjutnya penentuan spektrum inframerah asam humat dengan menggunakan spektrofotometer inframerah transformasi fourier dengan menggunakan plat KBr. Asam humat yang akan diuji oleh FTIR dicampur dengan kurang lebih 100 mg KBr. Lalu dibuat lempengan tipis dan dilakukan pengukuran spektrum.

Juga dilakukan penentuan spektrum ultraviolet-visibel asam humat dengan melarutkan asam humat oleh NaOH sampai konsentrasi serendah mungkin (sampai 0,0005 N), kemudian dilakukan pengambilan spektrum dalam berbagai panjang gelombang dengan spektroskopi ultraviolet-visibel.

Setelah itu ditentukan Bobot Molekul asam humat dengan menghitung harga viskositasnya dengan Metoda Oswald. Uji karakteristik yang terakhir yaitu Penentuan Kapasitas Tukar Kation.

Setelah selesai pengujian sifat fisik, kemudian dilakukan penentuan Konstanta Stabilitas dengan Metode Titrasi Potensiometri untuk kompleks humat-besi dan kompleks humat-besi setelah penambahan urea

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Asam Humat Hasil Pemisahan**

Asam humat dari tanah diperoleh dengan cara ekstraksi, menghasilkan serbuk halus berwarna coklat kehitaman dan mengkilat, bersifat larut dalam basa, dan tidak larut dalam asam dan alkohol.

### **Sifat Fisik Asam Humat**

#### ***Spektrum Inframerah Asam Humat***

Dari spektrum inframerah, asam humat memberi informasi tentang beberapa gugus yang menunjukkan karakteristik asam humat. Tabel 2. menjelaskan gambaran perkiraan gugus fungsi asam humat hasil pemisahan dari tanah asal Cisarua Lembang.

**Tabel 2.** Perkiraan gugus fungsi asam humat berdasarkan spektrum inframerah

<b>Bilangan Gelombang</b>	<b>Bentuk Serapan</b>	<b>Intensitas serapan</b>	<b>Perkiraan Gugus Fungsi</b>
3885,9	Sempit	Lemah	OH dari air
3480,0	Lebar	Sangat kuat	OH ikatan hidrogen
2922,0	Sedang	Kuat	Regangan dari CH alifatik
2850,6	Sedang	Kuat	Regangan dari DH alifatik
1652,9	Lebar	Kuat	C=C aromatik, ik H terikat pada C=O karbonil, COO-
1590,0	Sedang	Kuat	Ulur COO-, ulur N-H, ulur C=N
1564,2	Sedang	Kuat	CH alifatik
1546,8	Sedang	Kuat	CH alifatik
1512,1	Sempit	Lemah	C=C aromatik
1400,2	Sedang	Kuat	COO-, CH alifatik
1118,6	Lebar	Lemah	C-C, C-OH, C-O-C
1035,7	Lebar	Lemah	Getaran O-CH <sub>3</sub>

Dilihat dari spektrum inframerah, asam humat hasil pemisahan dari tanah ini mempunyai gugus fungsi karboksilat (-COOH), gugus fungsi -OH fenolik, gugus fungsi karbonil (C=O), aromatik (C=C aromatik), gugus CH alifatik, dan gugus-NH. Ciri-ciri tersebut merupakan pendekatan terhadap asam humat sebagai suatu zat yang penting dalam tanah sebagai pengikat logam-logam berat.

### ***Spektrum Ultraviolet-visibel***

Dari spektrum ultraviolet-visibel menunjukkan absorpsi maksimum pada panjang gelombang 210 nm, dan pada panjang gelombang ini terdapat kromofor (Silverstein, *et.al*, 1981). Dengan melihat harga rasio warna ( $E_4/E_6$ ), dapat diperkirakan berat molekulnya. Jika sekitar 5,47 – 5,49 , maka BM-nya sekitar 15.000.

Dari tabel 3. diperoleh perbandingan  $E_4/E_6$  yaitu 5,47, angka tersebut memberikan perkiraan bahwa senyawa itu asam humat dengan BM sekitar 15.000.

**Tabel 3.** Nilai absorbansi asam humat pada berbagai panjang gelombang

Panjang Gelombang (nm)	Absorban
190	0,465
195	0,589
200	0,740
210	0,813
213	0,808
214	0,801
250	0,798
300	0,742
400	0,634
450	0,599
500	0,454
550	0,222
600	0,116

### ***Bobot Molekul Rata-rata Asam Humat***

Bobot molekul rata-rata asam humat ditentukan dengan metode viskositas Oswald, dari perhitungan diperoleh BM asam humat 17,987. Angka ini menunjukkan bahwa asam humat merupakan suatu polimer rantai panjang.

### ***Kapasitas Tukar Kation Asam Humat***

Kapasitas tukar Kation (KTK) menunjukkan besarnya kemampuan fasa penukar kation untuk mengadakan reaksi pembentukan kation dalam tanah. Ion  $\text{Na}^+$  akan menggantikan kedudukan kation-kation yang terikat pada asam humat. Jumlah  $\text{Na}^+$  yang diusir oleh  $\text{NH}_4^+$  diperkirakan sama dengan nilai kapasitas tukar kation. Kapasitas Tukar Kation dihitung sama dengan jumlah mek kation yang dipertukarkan per 100 gram tanah.

Dari hasil yang diperoleh besarnya harga KTK adalah 210 mek/100 g. Harga KTK akan besar pada pH larutan yang tinggi atau suhu yang tinggi, atau pada konsentrasi yang rendah yaitu pada pengenceran yang besar. Bila dilihat harga KTK tersebut cukup besar bila dibandingkan dengan nilai KTK tanah pada beberapa tipe dan jumlah koloid yang ada dalam tanah.

Untuk humus 200 mek/100 g, Vermikut 100-150 mek/100 g. Montmorilot 70-95 mek/ 100g, dan Illit 10-40 mek/100g (Tan, 1991). Sebenarnya diharapkan harga KTK yang besar, sebab memungkinkan mudahnya menarik kation-kation, seperti unsur logam berat dalam tanah.

### **Konstanta Stabilitas**

#### ***Konstanta Stabilitas Kompleks Humat-Besi***

Contoh perhitungan konstanta stabilitas kompleks asam humat dengan ion  $\text{Fe}^{2+}$  0,01 N

1. Konsentrasi ligan total ( $A_t$ ) =  $\frac{\text{Berat asam humat}}{\text{BM asam humat}}$   
$$A_t = \frac{7,5 \times 1000/50}{17,987}$$
$$= 2,08 \times 10^{-2} \text{ M}$$
2. Pada pH 4,59; volume NaOH 0,1 N = 0,05 mL  
$$(\text{KOH}) = \frac{0,05 \times 0,1 \times 1000}{1000 \times 50}$$
$$= 10^{-4} \text{ g/L}$$
3.  $(\text{HA}) = (A_t) - (\text{KOH})$ 
$$= (2,08 \times 10^{-2}) - (10^{-4})$$
$$= 2,07 \times 10^{-2} \text{ M}$$
4.  $\text{pH} = -\log (\text{H}^+)$ 
$$4,96 = -\log (\text{H}^+)$$
$$(\text{H}^+) = 1,0964 \times 10^{-5} \text{ M}$$
5.  $(\text{HA}/\text{H}^+) = \frac{-\log 2,07 \times 10^{-2}}{1,0964 \times 10^{-5}}$ 
$$= -3,2760$$
6.  $n = \frac{\text{mL basa}}{\text{mL logam}} = \frac{10^{-4}}{5 \times 0,01}$ 
$$= 2 \times 10^{-3}$$
7.  $-\log n = -\log 2 \times 10^{-5}$ 
$$= 2,69897$$

Dengan cara yang sama dihitung data-data pengukuran pH asam humat dengan besi.

8. Membuat grafik  $-\log n$  vs  $p(\text{HA}/\text{H}^+)$  dengan menggunakan cara least square, konstanta stabilitas logam ( $B_2$ ) dapat diperoleh dari kemiringan :

$\tan \alpha = (2 - n) 2 B_2$	
- log n	p(HA/H <sup>+</sup> )
2,6989	- 3,2760
3,0000	- 3,3360
3,1759	- 3,4660
3,3010	- 3,5060

Dengan least square diperoleh harga  $\tan \alpha = 0,18279$

$$\begin{aligned}\tan \alpha &= (2 - n) 2 B_2 \\ 0,18279 &= (2 - 4,16 \times 10^{-3}) 2 B_2 \\ B_2 &= 0,04579 \\ &= 0,046\end{aligned}$$

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

1. Asam humat yang dihasilkan dengan cara ekstraksi dari tanah, menunjukkan ciri-ciri yang khas, diantaranya, mempunyai bobot molekul, spektrum inframerah, dan spektrum ultraviolet-visibel. Bobot molekulnya 17,987, rasio warna ( $E_4/E_6$ ) sebesar 5,47 dan mempunyai gugus karboksil (-COOH), -OH fenolik, Karbonil (C=O), dan CH alifatik
2. Konstanta stabilitas kompleks humat-besi yang ditentukan menggunakan metode titrasi potensiometri, diperoleh nilai sebesar 0,046.
3. Konstanta stabilitas humat-besi dengan penambahan urea memberikan nilai yang lebih besar. Untuk urea 0,04 N sebesar 0,052, sedangkan untuk urea 0,06 N sebesar 0,223.
4. Penambahan urea akan memberikan kenaikan pada konstanta stabilitas kompleksnya, berarti bahwa urea bersifat menyuburkan tanah, juga akan mengurangi keracunan tanaman terhadap adanya logam besi.

### Saran

1. Untuk penelitian lebih lanjut, khususnya tentang kestabilan asam humat yang membentuk kompleks dengan logam-logam dalam tanah, hendaknya dilihat aspek-aspek lain yang dapat mengakibatkan berubahnya kestabilan tersebut.
2. Penggunaan senyawa-senyawa aditif yang ditambahkan untuk memperbaiki keadaan tanah, hendaknya yang dapat merubah kondisi dan keasaman tanah, sehingga dapat memperbesar kestabilannya dalam tanah, juga dapat mengurangi keracunan pada tanaman terhadap adanya logam-logam.



**DAFTAR PUSTAKA**

- Felbeck, G. T. 1981, Structure hypothesis of soil humic acids. *Soil Science*, 3, 42-48.
- Finkle, B.J. 1985, Soil humic as a hydroxypolystyrene, *Nature*, 120, 604.
- Silverstein, M. R., C. G. Bassler, and C. T. Morrill. 1995. *Spectrometric identification of organic compound*. New York: John Wiley and Sons.
- Stevenson, F. J. 1992. *Humus chemistry: genesis, composition, reaction*. New York: A. Wiley Interscience Publication.
- Tan, K. H. 1991. *Dasar-dasar Kimia Tanah*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.